

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 11 月 29 日 (29.11.2001)

PCT

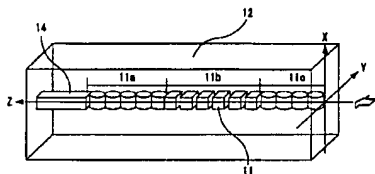
(10) 国際公開番号
WO 01/90791 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 6/12 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/00854 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川本和民
(22) 国際出願日: 2001 年 2 月 7 日 (07.02.2001) (KAWAMOTO, Kazumi) [JP/JP]. 松嶋直樹 (MAT-
(25) 国際出願の言語: 日本語 SUSHIMA, Naoki) [JP/JP]; 〒244-0817 神奈川県横浜
(26) 国際公開の言語: 日本語 市戸塚区吉田町292番地 株式会社 日立製作所 生産
(30) 優先権データ: 特願2000-161117 2000 年 5 月 26 日 (26.05.2000) JP 技術研究所内 Kanagawa (JP).
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会 (74) 代理人: 弁理士 作田康夫 (SAKUTA, Yasuo); 〒100-
社 日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒101-8010 8220 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 株式会社
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo (JP). 日立製作所内 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (国内): CA, KR, US.
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MODULE

(54) 発明の名称: 光モジュール



(57) Abstract: An optical module provided with an optical guide having a totally novel lens function. An optical module comprising an optical guide that has a core part through which light is propagated along the z-axis of a coordinate system in which the z-axis is the optical axis along which the light is propagated, the x-axis is the vertical axis in the cross section perpendicular to the z-axis, and the y-axis is the horizontal axis in the cross section and a clad layer covering the core part. The core part is composed of cores, and the y-z cross section of at least one of the cores has a generally circular shape, a generally elliptic shape, or a shape similar to those.

(57) 要約:

本発明の目的は、全く新規なレンズ機能を有する光導波路を備えた光モジュールを実現することにある。

本発明は、上記目的を達成するために、光伝搬方向である光軸を z 軸、これに直交する断面で垂直方向の軸を x 軸、水平方向の軸を y 軸とし、基板上に該 x 軸および該 y 軸の原点をほぼ中心として該 z 軸方向に光を伝搬するように形成されたコア部と、該コア部を囲むクラッド層とを有する光導波路を備えた光モジュールであって、該光導波路の有するコア部が複数個のコアで形成され、その少なくとも 1 個のコアの y-z 断面は略円、略楕円またはそれらを近似した形状であるものである。



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

1

明 細 書

光モジュール

技術分野

5 本発明は、主として光伝送システムあるいは光交換システムに使用される光伝送モジュールに係り、光伝送モジュールにおける発光素子または受光素子と光ファイバ、あるいは発光素子または受光素子と光回路、光回路と光ファイバ、光スイッチやビームスプリッターなどにおける光結合技術に関する。

10 背景技術

情報伝送路の光化が進展し、各種産業の事業所ビルのみならず、集合家屋や個別家屋にまで光ファイバを用いた情報伝送が計画されている。ここでの重要課題の1つは、言うまでもなく光伝送システムの低価格化であり、特に末端の一般加入者に接続される光伝送モジュールの低価格化が急務になっている。

15 この加入者系光伝送モジュールの大幅低コスト化のため、近年光ビームスポット径拡大器付き半導体レーザの実用化が進められてきた。これは部品としてのレンズを除去するために半導体レーザにレンズ機能を持たせたものと解釈できる。

20 この光ビームスポット径拡大器付きレーザの作製には、コア部の出射端側膜厚をテーパ状にするため、選択結晶成長技術が用いられている。しかしながら、ビームスポット径拡大部の集積化はレーザ自体の最適設計に影響しレーザの最適化が徹底されない、あるいはレーザ特性に対する作製誤差の影響が敏感になる等の新たな問題も発生している。このため従来型レーザに対し製造歩留りが劣化し、レーザ自体の価格を上昇さ

25

2

せ、よって光伝送モジュールの大幅価格低減には至っていない。

また、光ビームスポット径拡大器付きレーザを用いる場合においても従来と同様のレーザと光導波路や光ファイバ等の位置合せ精度が要求され、組立の生産性や歩留りの大幅な向上が達成できず光伝送モジュール
5 価格低減における大きな課題となっている。

さらに、アレー型半導体レーザでは光ビームスポット径拡大器付きレーザの実用化そのものが未だ達成されていない。そのため、アレー型半導体レーザを用いた光並列伝送モジュールではマイクロレンズアレー等のレンズの導入が必須となり、レーザと光導波路や光ファイバ等の位置
10 合せ精度の他、レンズについての位置合せ精度が要求され、組立の生産性や歩留りの大幅な向上が達成できず光伝送モジュールの低価格化を困難にしている。

その他、半導体レーザと光ファイバとの間に光導波路で実現される光回路があるモジュールでは、半導体レーザの遠視野像発散角が光ファイバのそれとほぼ同等でない限り、半導体レーザと光回路、光回路と光ファイバの間の光結合を同時に最適化することはできず、それぞれの最適化は犠牲にする条件下で光回路を設計せざるを得ない、という問題がある。
15 あるいは、逆に、光結合効率を優先するために、光回路を小形にするというような課題を犠牲にする、という問題がある。

20 本発明は、上記した問題点を解決するものであり、光ビームスポット径を変換できる光導波路を備えた全く新規な光モジュールを提供することを目的とするものである。

発明の開示

25 光伝送モジュールは光ファイバで情報を伝送するものであり、ファイバへの光結合効率を上げることが重要である。光結合効率を上げことは光ファイバの固有モードを効率良く励振することである。光ファイバ

3

の前段に光導波路からなる光回路が設けられる場合にも、光導波路、光ファイバそれぞれの固有モードを効率良く励振することが基本になる。これは光スイッチと光ファイバ、光合分波器と光ファイバ、ビームスプリッタと光ファイバの間でも同じである。

5 従って、例えば、半導体レーザ、光導波路、光ファイバの固有モードがそれぞれ異なる場合、これら光部品（半導体レーザ、光導波路、光ファイバ）間の光結合を上げるには、前段の光部品の固有モードを後段の光部品の固有モードに近似的に変換するモード変換器を挿入することが必要となる。すなわち、各光部品においてそれぞれの固有モードで励振
10 できるように、光部品間で固有モードを変換させることが必要となる。

また、光ビームスポット変換器を光結合特性を向上させるモード変換器として機能させるには、ビームスポット径を急激に変換しないように波面を制御して滑らかにモード変換を行う必要がある。

15 そこで、本発明は、上記目的を達成するために、特許請求の範囲の通りに構成した。

これらは、光導波路を形成するプロセス以外の特殊な技術を用いることなく作製でき、波面を制御して滑らかにモード変換を行うことができる。例えば、セグメント状の複数個のコアを用い、コア間の間隔を調整して実効屈折率をほぼ一定に保ちながら、セグメント状のコアの幅を
20 z 軸に沿って変化させることで滑らかに波面制御を行うことができる。

また、例えば、セグメント状のコアの幅を、 $y-z$ 断面が略円形と見なせる形状になるよう、 z 軸に沿って光軸（ z 軸）に近いコア部は厚く、光軸から離れるに従ってコア部を薄くすることで、屈折率の高い領域の光の伝搬速度（位相速度）を遅くし、光軸から離れるに従って光の伝搬速度を速くすることができる。その結果、入射したレーザ光は、光の進行
25 方向において光軸に収束していくように波面が湾曲するので、前段の光部品の固有モードを後段の光部品の固有モードに近似的に変換すること

が可能となる。

一方、この入射されたレーザ光は、光軸に向かって収束するように波面が湾曲する作用を受けるが、コアとクラッド間の屈折率差が小さいとその屈折力は極めて小さく、略円形状コアの数が少ない場合は入射レーザ光のビーム径は拡大することになる。そのため、コアの形状や数を適正化することが重要となり、これによってビーム径をその後光回路の導波路固有モード径まで小さな損失で縮小していくことが可能となる。

また、ビーム径拡大率の適正な決定が光結合効率と軸ずれ許容度(トレランス)の両者を、あるいはそのいずれかを他方を犠牲にすることなく大きくするために重要である。例えば、後述するように、略円形状コアの半径やその数をパラメータにしてそれらを適正化することが重要となる。

さらに、 $y-z$ 断面が略円形状のセグメント状のコア群と矩形形状のコア群との連結で構成することで、矩形コア群の領域においてビーム径が一定に保持され、その状態で光軸からずれたビームが光軸に引き戻される作用を受けるため、位置合せトレランスを向上させることができる。

これによって、LD(半導体レーザ)等の発光素子からの光が光ビームスポット可変光導波路に入射されるとき、単一モード光導波路の固有モードに大きな損失なく滑らかにモード変換することができる。また、高効率な、あるいは位置ずれ許容度(トレランス)が緩和された光結合を実現できる。

なお、入射端での大きなビーム径を縮小するには、凸レンズ相当の波面変換を実現しなければならないので、この凸レンズ相当の変換器は入射端での大きなビーム径のレーザ光を受光するのに必要十分な大きさの口径となっている。

図面の簡単な説明

が可能となる。

一方、この入射されたレーザ光は、光軸に向かって収束するように波面が湾曲する作用を受けるが、コアとクラッド間の屈折率差が小さいとその屈折力は極めて小さく、略円形状コアの数が少ない場合は入射レーザ光のビーム径は拡大することになる。そのため、コアの形状や数を適正化することが重要となり、これによってビーム径をその後光回路の導波路固有モード径まで小さな損失で縮小していくことが可能となる。

また、ビーム径拡大率の適正な決定が光結合効率と軸ずれ許容度(トレランス)の両者を、あるいはそのいずれかを他方を犠牲にすることなく大きくするために重要である。例えば、後述するように、略円形状コアの半径やその数をパラメータにしてそれらを適正化することが重要となる。

さらに、 $y-z$ 断面が略円形状のセグメント状のコア群と矩形形状のコア群との連結で構成することで、矩形コア群の領域においてビーム径が一定に保持され、その状態で光軸からずれたビームが光軸に引き戻される作用を受けるため、位置合せトレランスを向上させることができる。

これによって、LD(半導体レーザ)等の発光素子からの光が光ビームスポット可変光導波路に入射されるとき、単一モード光導波路の固有モードに大きな損失なく滑らかにモード変換することができる。また、高効率な、あるいは位置ずれ許容度(トレランス)が緩和された光結合を実現できる。

なお、入射端での大きなビーム径を縮小するには、凸レンズ相当の波面変換を実現しなければならないので、この凸レンズ相当の変換器は入射端での大きなビーム径のレーザ光を受光するのに必要十分な大きさの口径となっている。

図面の簡単な説明

光ビームスポット径拡大幅制御部 11 a では、略円筒形状のコアを複数個備えており、その凸レンズ作用により伝播する光ビームスポット径の拡大幅を制御し、光ビームがほぼ平行光となるように制御する。すなわち、拡がろうとする光ビームを略円筒形状のコアを用いて拡がらずに収束するように制御する。図では同一直径の円形形状のコアを複数個配置しているが、伝播する光ビームのビーム径は拡大するので前段のコアの直径以上のものを配置してもよい。光ビームスポット変換器長を短くする観点に立てば、徐々に直径が大きくなるようにコアを配置することが好ましい。

10 また、トレランス向上を考えると、この一段目のコアは、入射する光ビームをガウスビームで近似した場合、その強度がピーク強度のほぼ $1/e^2$ となる点のビーム径以上の直径のもので構成することが好ましい。

15 一方、直径を大きくし過ぎると屈折力が弱まってコア数を増やす必要があり、ビームスポット変換器長が長くなってしまう。そこで、例えば、レーザの拡がり角が約 $6^\circ \sim 45^\circ$ （レンズ機能付き：約 $6^\circ \sim 15^\circ$ 、レンズ機能なし： $25^\circ \sim 45^\circ$ ）、レーザからの距離が約 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ の場合、約 $3 \sim 250 \mu\text{m}$ の直径のコアを配置することが好ましい。

20 次に、光ビームスポット径保持部 11 b は矩形形状のコアを複数個備えており、光ビームスポット径拡大幅制御部 11 a からの光ビームのビーム径を保持するように構成される。コア間のギャップはほぼ一定となるように構成している。この光ビームスポット径保持部 11 b の長さにより、例えば位置ずれによるレーザと光導波路との光軸のずれが生じた場合であっても、伝播する光ビームを光導波路 14 の光軸（Z 軸）へ収束するように制御される。

25

次に、光ビームスポット径縮小部 11 c では、略円筒形状のコアを複数個備えており、その凸レンズ作用により光ビームスポット径保持部 1

1 bからの光ビームを縮小して光導波路 1 4 の有するビームスポット径に近づくように構成される。図では同一直径の円形形状のコアを複数個配置しているが、ビーム径の縮小を許容しているので前段のコアの直径以下のものを配置してもよい。

5 なお、これまで説明した光ビームスポット変換器 1 1 と光導波路 1 4 の備えるコアは同一材料で構成され、そのコアの周りはクラッド 1 2 で覆われている。コア 1 1、1 4 とクラッド 1 2 の比屈折率差は、シングルモード条件からして 0.2~2.0% 程度が好ましい。特に 0.3~0.6% 程度が好ましい。

10 以上のように構成することで、レーザからのビームスポット径を急激に変換しないように波面を制御して滑らかに光導波路に合わせた好適なビームスポット径に変換することができる。また、ビームスポット径保持部を有することでトレランスを改善することができ、組立時の生産性を向上させることができる。なお、結合効率を改善する観点からすると、
15 ビームスポット径保持部のない構成であっても良い。

ところで、本実施例における光ビームスポット変換器 1 1 の主な損失はクラッド層とコア層との界面での反射損と、周期性が強い場合の回折損等のコア層からクラッド層に漏れていく放射損である。反射損はクラッドーコア間の屈折率差が小さい場合にはほとんど無視できるから、回折損の低減が設計上の一つのポイントになる。回折損の低減には同一形状のコア数を制限するか、コア形状を緩やかに変えて周期性を弱めれば
20 良い。第 3 図に示す光導波路は回折損を考慮した構成であるがこれについては後述する。

一方、クラッドとコアとの間の屈折率差を小さくなるように構成した場合には、光ビームの伝播方向となる y-z 断面での円形形状のコア 1
25 1 a、1 1 c の屈折力が弱くなり期待するビームスポット径に変換することが難しくなる。そのため、第 1 図などに示す光導波路では複数個の

コアを用いて必要な凸レンズ作用を得るように構成している。

なお、第1図では光ビームスポット径拡大幅制御部11aとビームスポット径縮小部11cとをほぼ円形状のコアを用いて構成したが、所望の凸レンズ作用が得られるものであれば形状は問わない。光ビームが入射もしくは出射する面に曲線もしくは曲線を近似したものがあれば良い。従って、ほぼ楕円形状のものであっても良い。

第2図は、上記の基本的な考え方の元にシミュレーションを行い、この結果に基づいて設計された光ビームスポット変換器を示すものである。第2図(a)は断面図、(b)は $x=0$ での $y-z$ 平面図である。但し(b)は実施例が z 軸に長く連続して図示できないので、途中を切断し2列に分割して示した。

本実施例では、前述の円柱形状を折線で近似した略円形状のセグメント状コアを用いた。一般的なCAD技術を用いてセグメント状コアを形成するためのマスクを設計すると、第2図に示すような、円柱形状を折線で近似した略円形状のものとなる。楕円形上を形成する場合も同様である。また、その断面形状を緩やかに変えながら連続コアの光導波路につないでいる。なお、本実施例においては、コア11の屈折率 $N_0=1.46416$ 、クラッド12、13の屈折率を共に $N_1=N_2=1.4576$ としている。

これは、第1図に示したビームスポット径保持部を設けないものである。すなわち、光ビームが平行光となるように制御した後、所望のビームスポット径となるように縮小して光導波路へと光ビームを伝播させる。この場合、第1図に比べてトレランスは改善されないが、結合効率を向上させることは可能である。

また、ビームスポット径縮小部において、光が入射する幅が小さくなるようにコアの形状を変化させているが、これは伝播する光ビームに対するレンズ作用を弱めながら、光導波路へ導くためのものである。これ

については、後の第3図において詳細に説明する。

第3図は、(a)が本発明における小形の光ビームスポット変換器の第2の実施例を示す $x=0$ での $y-z$ 平面図、(b)が本発明における第3の実施例を示す $x=0$ での $y-z$ 平面図である。第2及び第3の実施例は共に $y-z$ 断面が円形のセグメント状コア群と矩形のコア群との連結で構成しているが、いずれもビームスポット径保持部と、ビームスポット径縮小部との構成が第1図に示したものと異なる。

第2の実施例である(a)では円形のセグメント状コアの断面形状を緩やかに変えながら連続コアの光導波路につないでいる。すなわち、入射した光ビームが、ほぼ同一直径の円筒形状の4個のセグメントから成るコア群（ビームスポット径拡大制御部）、ほぼ同一の矩形形状の7個のセグメントと、徐々にコアのY方向の幅を短くし、Z方向の長さを長くし、コア間のギャップを狭くした5個のセグメントからなるコア群（ビームスポット径保持部）、ほぼ同一直径の円筒形状の4個のセグメントと、徐々にコアのY方向の幅を短くし、Z方向の長さを長くした5個のセグメントからなるコア群（ビームスポット径縮小部）を介して光導波路に導かれるように構成されている。

ビームスポット径保持部において、矩形形状のコアを複数個配置して周期構造とした場合、ブラッグ回折による損失が生じる。トレランス向上を考慮すると、コア数を増やしたいがそれによって損失が生じてしまう。そこで、図示するように、徐々にコアのY方向の幅を短くし、Z方向の長さを長くし、コア間のギャップを狭くした5個のセグメントを配置することで、すなわちコア形状を緩やかに変えて周期性を弱めることで損失を抑制するように構成した。

また、ビームスポット径縮小部ではビーム径を縮小させて光導波路のビーム径とほぼ同一にさせるが、本実施例においては徐々にコアのY方向の幅を短くし、Z方向の長さを長くした5個のセグメントを配置する

ことで、凸レンズ作用を徐々に弱めながら光導波路のビームスポット径へ変換するように構成した。これは強い凸レンズ作用によって短距離間で細く絞った光ビームは、連続コアの光導波路が受容できるNA（開口数）以上のビームとなり、連続コアの光導波路内においてコア外に漏洩しやすくなり伝播時の損失となるからである。具体的には、直径を徐々に大きくした円形状を作成し、その円形状に対して光軸を中心としたY方向の幅を徐々に短くなるように除去した形状を用いて構成している。これによると単なる矩形形状にはならず光ビームの入射面と出射面とが曲率を有するので、凸レンズ作用を弱めながらビームスポット径を縮小しモード変換を実現することが可能となる。

一方、第3の実施例の(b)ではビームスポット縮小部において円形のセグメント状コア群から連続コアの光導波路に直接つないでいる。すなわち、入射した光ビームが、ほぼ同一直径の円筒形状の4個のセグメントから成るコア群（ビームスポット径拡大制御部）、ほぼ同一の矩形形状の7個のセグメントと徐々にコアのY方向の幅を短くし、Z方向の長さを長くし、コア間のギャップを狭くした5個のセグメントからなるコア群（ビームスポット径保持部）、ほぼ同一直径の円筒形状の7個のセグメントからなるコア群（ビームスポット径縮小部）を介して光導波路に導かれるように構成されている。

これによっても(a)と同様の効果が得られるが、光ビームスポット径縮小部の構成が異なる分、光結合効率がやや劣る。トレランスについては(a)と同様の改善が得られる。

第4図は、第1の実施例における光ビームスポット変換の性能を示すもので、y-z断面における光強度の等高線21を用いてこれを示した。同図はy軸を約5倍に拡大してあり、z方向は300 μ mの長さになっている。

この実施例では、レーザ光として遠視野像発散角が半値半幅で12度

を仮定し、これを導波路から $20\ \mu\text{m}$ 離して配置した場合を示している。またここで第4図(a)はレーザが光軸上にある場合、同(b)はy軸に $+2\ \mu\text{m}$ ずらして配置した場合である。尚、レーザ光は図の下側から入射し、上に向かって進行している。第4図(a)より光の進行とともにビーム径が緩やかに拡大し、ほぼ一定になってから光導波路の固有モードに近づいているのが分かる。すなわち、波面を制御して滑らかにモード変換を行えることが分かる。なお、この計算には3次元のFD-BPMを用いた。

第5図は、本発明の第1の実施例における光結合特性を、レーザのy方向ずれ量と結合効率との関係として示したものである。また、従来法の直接光導波路にレーザ光を入射させた場合を比較のため載せてある。

この図で例示したように、本発明により軸ずれの許容量の改善が達成できた。

すなわち、Y方向に対して位置ずれがあったとしても従来例に比べて結合効率の低下は抑制されており、例えばLD等の発光素子とビームスポット径変換器付きの光導波路との位置合わせ精度の許容範囲が広がることとなる。

これは特定の条件下で計算したものであるが、例えばレーザ光の発散角が大きい場合には更に改善効果が顕著になる。また第5図は本発明の特徴の一例を例示したにすぎず、軸ずれ許容量を従来と同程度に保ったまま結合効率を向上させる、即ち従来例の結合曲線を上方にほぼ平行移動させるような結合特性の実施例も提供できる。また図示してはいないが、本発明の第2、第3の実施例においても、第5図に示す第1の実施例の光結合特性とほぼ同等の光結合特性を示し、軸ずれの許容量が改善されている。なお、第1、第2及び第3の実施例では最大結合効率をほぼ一定にして軸ずれの許容量を上げる例を示したが、上記したように、最大結合効率を上げる設計も可能となる。

1 2

第6図に第1、第2及び第3の実施例の製造プロセスを示す。

本実施例に於いては、ガラスもしくはSi(シリコン)基板の上に、石英系または有機材料を用いる公知の光導波路作製法と同様の方法で製造する。例えば、Si基板55を用いた石英系の場合を説明すれば、石英
5 系の光導波路作製とまったく同様、CVDやEB蒸着あるいは火炎堆積法等による石英系の膜の製膜が基本になる。今回は、火炎堆積法による方法を示す。

まず、Si基板55の上に第2のクラッド層53とコア層51を、原料を酸水素炎中で加熱加水分解して得られるガラス微粒子として堆積する(工程(a))。
10

但し、コア層51は酸化チタンや酸化ゲルマニウム等のドーパント濃度を高くしてある。

次に、ガラス微粒子膜を電気炉中で高温に加熱してこれを透明化する(工程(b))。このガラス微粒子の堆積と透明化は、通常クラッド層53とコア層51をそれぞれ個別に行うが、ここでは一括して行う場合を示した。
15

続いて、コア層51のパターニングをフォトリソグラフィを用いて行う。即ち、レジストを塗布しマスクパターンを転写後、所定の深さRIE(反応性イオンエッチング)によりエッチングしてコア51を形成する(工程(c))。
20

その後、ドーパント量により屈折率を調整した第1のクラッド層52を、ガラス微粒子として堆積させ(工程(d))、さらに高温で加熱して透明化する(工程(e))。石英系の材料を用いる場合には、ガラス軟化温度や熱膨張係数の調整のために、補助的なドーパントを微量添加することが多い。
25

このようにフォトリソグラフィを用いてコア層をパターンニングするので、光導波路を含め実施例のような形状のコアを形成することができ

13

る。また、フォトリソグラフィを用いるので、第2図に示すような曲線を直線で近似したパターンニングとなる。実際には角部は丸みを帯びる。また、光導波路とともにビームスポット変換器を形成できるので、これらの間での光軸合わせなどの精度は容易に満足することができる。

5 以上のように、従来の光導波路を形成するのと同様のフォトリソグラフィの技術を用いるので、その製造は容易であり、さらにビームスポット径変換器を製造するためだけの新たな製造工程が増えるなどのデメリットはない。また、ビームスポット径変換器とそれと接続する光導波路とは、同時に形成されるのでこれらの光軸を合わせるといった調整や組み立て作業は不要である。

10 第7図は、本発明の第4の実施例である光回路を用いた光伝送モジュールの概念図である。本実施例の光回路は光導波路による分岐／合流の機能を持つ光回路であるが、その端部に光ビームスポット変換器101が設けられている。なお、図においては光ビームスポット変換器101が設けられているエリアのみを示しており、実際にはこれまで実施例1
15 ~実施例3などの光ビームスポット変換器が形成されている。

光回路及び光ビームスポット変換器は、Si(シリコン)基板55の上に、石英系または有機材料を用いて作製する。石英系での作製法は上記した通りである。

20 Si基板55には一方の入射端側に光素子をはんだ接続するためのメタライズ(図示していない)と、位置合せ用のアライメントマーク(図示していない)が形成してある。光素子102にも位置合せ用のアライメントマークが予め形成してあり、これらのマークを基準にしたいわゆるパッシブアライメント法により位置合せし、加熱によりはんだを溶融させて光素子101を接続する。はんだは、基板または素子のどちら側かに
25 数 μ m厚蒸着してパターンニングし、はんだ膜パターンとして形成しておく。光ファイバは、ガラスまたはSi基板にV溝を形成し、これに埋め

1 4

込んで保護板で蓋をした光ファイバブロック 1 0 3 を作製しておく。この光ファイバブロック 1 0 3 と、前記の光素子を搭載し光ビームスポット変換器を形成した基板とを、パッシブまたはアクティブアライメント法により位置合せし、接着剤 1 0 5 を用いて接着接続する。接着剤は U
5 V 硬化型でも熱硬化型でもよいが、硬化時の変形が小さく、信頼性の高いものが望ましいことは言うまでもない。

第 8 図は、本発明の第 5 の実施例であるアレー型光素子を用いた並列光伝送モジュールの概念図である。Si 基板 5 5 に光ビームスポット変換器 2 0 1 を作成し、その後一方の入射端側に光素子をはんだ接続するためのメタライズ(図示していない)と、位置合せ用のアライメントマーク(図示していない)を形成する。光素子 2 0 2 にも位置合せ用のアライメントマークを予め形成しておき、これらのマークを基準にしたいわゆるパッシブアライメント法により位置合せし、加熱によりはんだを溶融させて光素子 2 0 1 を接続する。はんだは、基板または素子のどちら側
10 かに数 μ m 厚蒸着してパターンニングし、はんだ膜パターンとして形成しておく。光ファイバ束 2 0 3 は、Si 基板に V 溝を形成し、これに埋め込んで保護板(図示していない)で蓋をした光ファイバ束 2 0 3 のブロック 2 0 4 を作製しておく。この光ファイバ束ブロック 2 0 4 と、前記の光素子を搭載し光ビームスポット変換器を形成した基板とを、パッシブまたはアクティブアライメント法により位置合せし、接着剤 1 0 5 を用いて接着接続する。アクティブアライメントでは、基本的に両端のチャンネルを使って位置合せするが、更に中央のチャンネルを使って位置合せしてもよく、特定の方法に限定されるものではない。
15 20

第 9 図は、本発明の第 6 の実施例であるアレー型光素子を用いた、第 2 の並列光伝送モジュールを示す概念図である。第 5 の実施例と異なるのは、V 溝を形成した基板 5 5 に光ビームスポット変換器を作製し、光素子 2 0 1 を搭載した点である。V 溝を形成した基板を用いるため、光
25

15

ビームスポット変換器は有機材料を使用して作製するのが容易である。光導波路用の有機材料を用いれば、スピコートとベークで製膜できる。但し、V溝があるため平坦な膜を作製するのは困難なため、本実施例ではレジストを厚く塗布し、これを基板表面までエッチングで除去して先
5 ずV溝部を埋め平坦化しておいた。V溝近傍部にはアライメントマークを形成しておき、これを基準に光ビームスポット変換器を作製し、素子搭載用メタライズを形成すれば、マスク合せの精度で相互の位置精度が決まるパターニングができ、極めて効率の高い光結合が実現できる。光素子はパッシブアライメントで位置合せし、はんだで接続する。その後
10 光ファイバをV溝に挿入し、接着剤を塗布し保護板で蓋をするとともにUV照射または加熱により硬化させ接着する。モジュールとしてはさらに電氣的接合をとり素子の封止等も必要であるが、これは公知の方法を適用すればよいので、あるいは、本発明に直接関わらないので、説明を省略する。

15 第10図は、本発明の第7の実施例である並列光伝送モジュールを用いた交換機または計算機の信号接続を示す概念図である。大形計算機のプロセッサ間や、プロセッサ・記憶装置間等での高速信号伝送、高密度な信号配線の軽量化、細径化、耐ノイズ性向上等の目的で用いられる。装置301、302には、装置間の信号接続用基板253a、253b、
20 253c、253d等が内蔵され、それぞれの信号接続用基板上には、複数個の前述の並列光伝送モジュール251a等とLSI部品252等が搭載されている。並列光伝送モジュール251aでは、情報は電気信号から光信号へ変換され、多芯光コネクタ254aを介して光ファイバアレイ255aに伝送される。装置間には、同様な光ファイバアレイをま
25 とめた光ファイバアレイ束256を介して信号が伝送される。光ファイバアレイ255aに接続される他方の装置の信号接続用基板253b上の並列光伝送モジュール251bでは、光信号から電気信号へ変換され、

装置間の光による信号伝送が可能になる。

また、図示していないが、光スイッチの光ファイバーと接続する部分や、ビームスプリッターの分岐前の光導波路の先端部分、分岐後の各光導波路の先端部分に前述のビームスポット径変換機能付きの光導波路を形成することもできる。これによってもトレランスや光結合効率の向上を実現することができる。

これまでに説明した実施例によれば、コア形状の設計でビーム拡大率を可変できるため、例えば光素子と光ファイバおよびその間に光導波路から成る光回路とで構成される光モジュールでは、光回路の両端に光素子と光ファイバ個別に最適な光ビームスポット変換器を形成でき、光モジュールの光利用効率向上と製造の容易化に大きな効果がある。また、製造が容易になることから、光モジュールの低価格化に効果大きい。

また、これまでに説明した実施例の光ビームスポット変換器は、光回路や光素子を搭載する基板上に作製できるため、光モジュールの構成が簡素で実装が容易になり、光モジュールの低価格化にこの点からも効果が大きい。

さらに、極めて単純なプロセスでビームスポット変換が可能な光ビームスポット変換器を実現でき、選択結晶成長のような方法を必要とするものに対し光ビームスポット変換器自体の低コスト化が可能である。

さらに、セグメント状のコアで構成されることから、光ビームスポット変換器の小形化（素子長の短縮）にも効果がある。

産業上の利用可能性

本発明によれば、光ビームスポット径を変換できる光導波路を備えた全く新規光モジュールを実現することができる。

請求の範囲

1. 光伝搬方向である光軸を z 軸、これに直交する断面で垂直方向の軸を x 軸、水平方向の軸を y 軸とし、基板上に該 x 軸および該 y 軸の原点をほぼ中心として該 z 軸方向に光を伝搬するように形成されたコア部と、
5 該コア部を囲むクラッド層とを有する光導波路を備えた光モジュールであって、
該光導波路の有するコア部が複数個のコアで形成され、その少なくとも1個のコアの $y-z$ 断面は略円、略楕円またはそれらを近似した形状であることを特徴とする光モジュール。
10 2. 前記 $y-z$ 断面が円、楕円、略円または略楕円と見なせる形状のコアを用いて光ビームのスポット径を拡大する拡大部と光ビームのスポット径を縮小する縮小部とを形成することを特徴とする請求項1記載の光モジュール。
15 3. 前記コアの $y-z$ 断面が円、楕円、略円または略楕円と見なせる形状の複数個のコアその他、 $y-z$ 断面が矩形形状の複数個のコアを前記拡大部と前記縮小部との間に形成したことを特徴とする請求項2記載の光モジュール。
20 4. 前記 $y-z$ 断面が矩形形状の複数個のコアにおいてコアの y 軸方向の長さを異ならせたことを特徴とする請求項3記載の光モジュール。
5. 前記縮小部に配置された複数個のコアにおいてコアの y 軸方向の長さを異ならせたことを特徴とする請求項2または3記載の光モジュール。
25 6. 光伝搬方向である光軸を z 軸、これに直交する断面で垂直方向の軸を x 軸、水平方向の軸を y 軸とし、基板上に該 x 軸および該 y 軸の原点をほぼ中心として該 z 軸方向に光を伝搬するように形成されたコア部と、
該コア部を囲むクラッド層とを有する光導波路を備えた光モジュールであって、

該光導波路の有するコア部が複数個のコアで形成され、その少なくとも1個のコアの有する光ビームが入射もしくは出射する面が曲率を有する形状であることを特徴とする光モジュール。

- 5 7. 前記コアを用いて光ビームのスポット径を拡大する拡大部と光ビームのスポット径を縮小する縮小部とを形成することを特徴とする請求項6記載の光モジュール。
8. 前記y-z断面が矩形形状の複数個のコアを前記拡大部と前記縮小部との間に形成したことを特徴とする請求項7記載の光モジュール。
- 10 9. 前記y-z断面が矩形形状の複数個のコアにおいてコアのy軸方向の長さを異ならせたことを特徴とする請求項8記載の光モジュール。
10. 前記縮小部に配置された複数個のコアにおいてコアのy軸方向の長さを異ならせたことを特徴とする請求項8または9記載の光モジュール。
11. 光を伝搬するように形成されたコア部と、該コア部を囲むクラッド層とを有する光導波路を備えた光モジュールであって、
- 15 該光導波路が、入射された光ビームの有するビームスポット径を拡大して伝播する第一の領域と該第一の領域からの光ビームのビームスポット径を縮小させて伝播する第二の領域とを有することを特徴とする光モジュール。
- 20 12. 前記第一の領域と前記第二の領域との間に第一の領域からの光ビームのビームスポット径を保持するように作用する第三の領域を備えることを特徴とする請求項11記載の光モジュール。
13. 前記第一の領域もしくは第二の領域に位置するコア部が複数個のコアで形成され、その少なくとも1個のコアの有する光ビームが入射もしくは出射する面が曲率を有する形状であることを特徴とする請求項12記載の光モジュール。
- 25 14. 前記第三の領域に位置するコア部が複数個のコアで形成され、そのコアが矩形形状であることを特徴とする請求項12または13記載の光

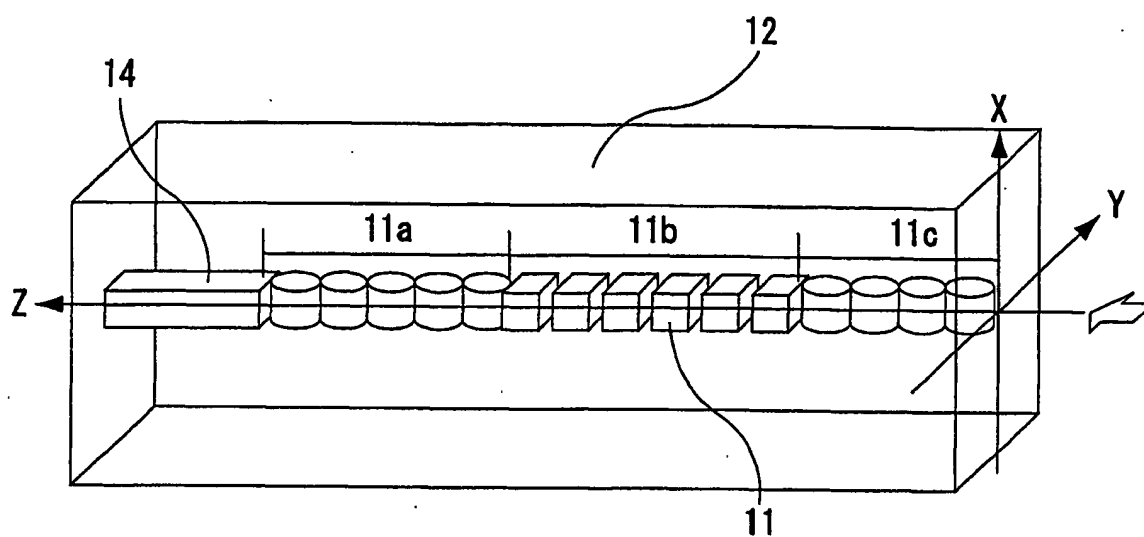
モジュール。

15. 前記第三の領域に位置するコア部において前記光ビームが入射するコアの幅を徐々に小さくしたことを特徴とする請求項14記載の光モジュール。

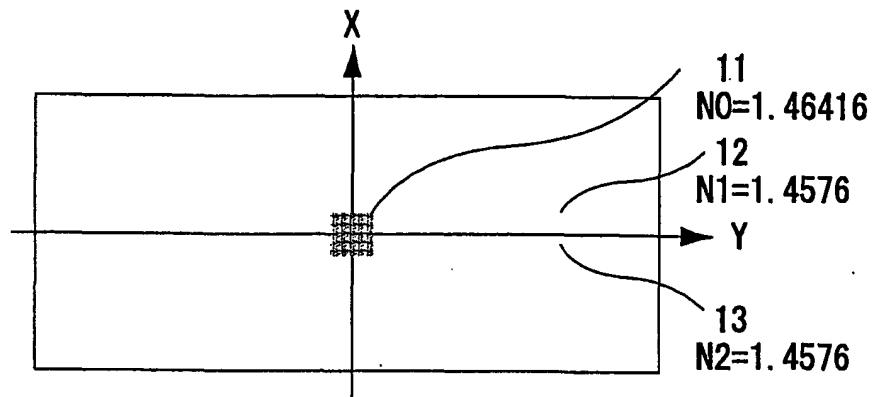
5 16. 前記第二の領域に位置するコア部において前記光ビームが入射するコアの幅を徐々に小さくしたことを特徴とする請求項13～15のいずれかに記載の光モジュール。

17. 前記光モジュールが光スイッチ、光合分波器もしくはビームスプリッタであることを特徴とする請求項1～16のいずれかに記載の光モジュール。
10

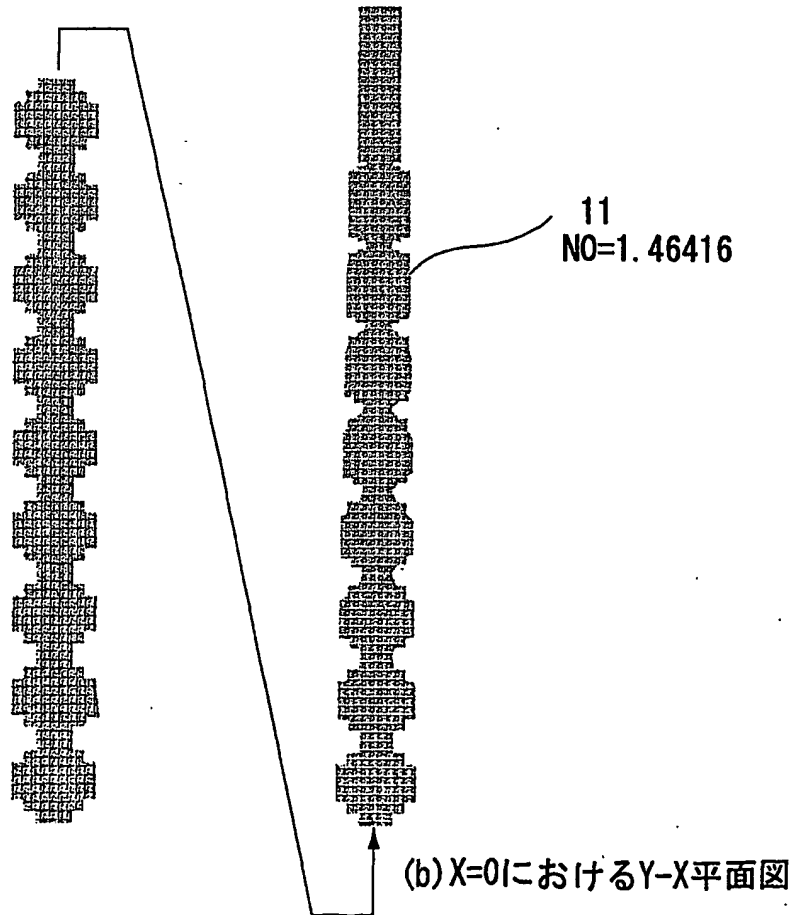
18. 請求項1～17のいずれかに記載の光モジュールを備えた光伝送システム。

1/10
第1図

2/10
第2図



(a) X-Y断面図



3/10
第3図

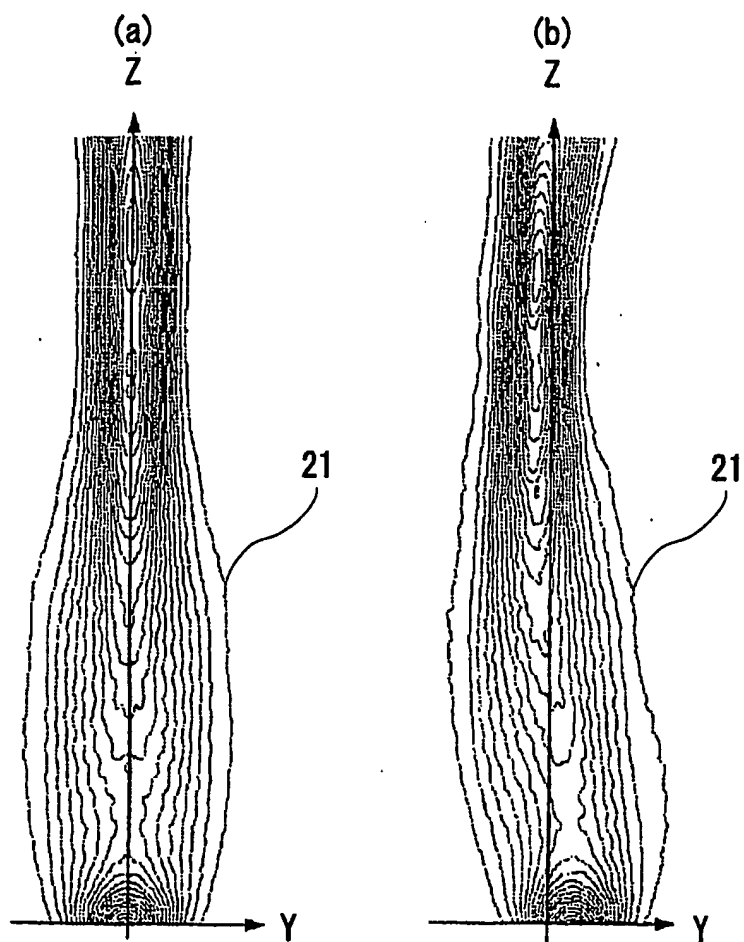


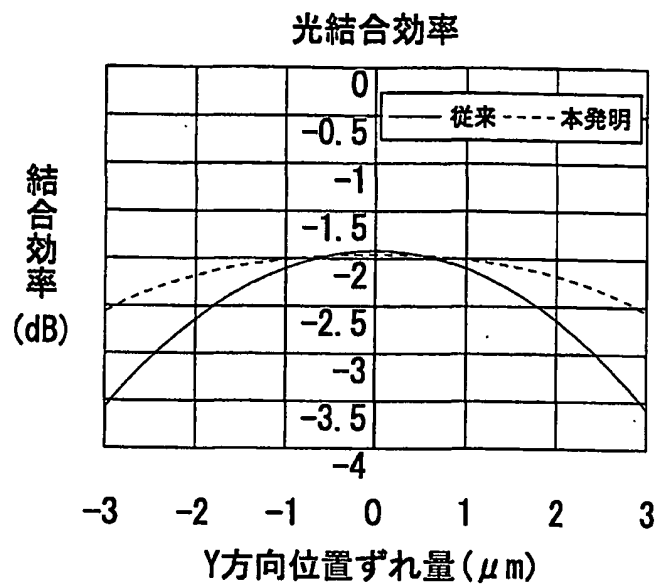
(a) 第2の実施例におけるコアの
Y-Z断面図



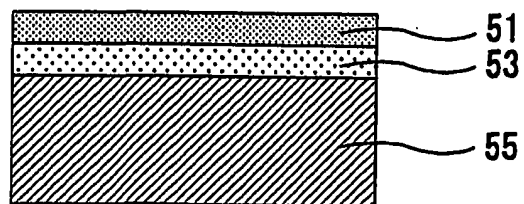
(a) 第3の実施例におけるコアの
Y-Z断面図

4/10
第4図

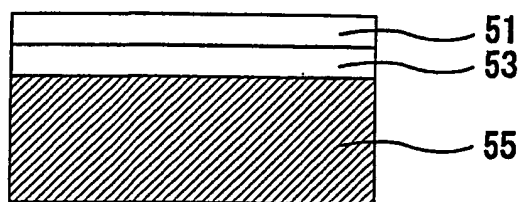


5/10
第5図

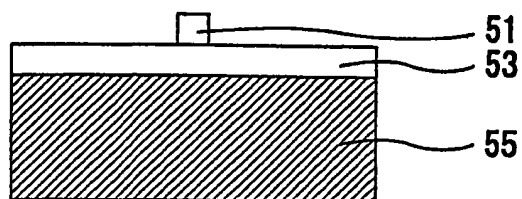
6/10
第6図



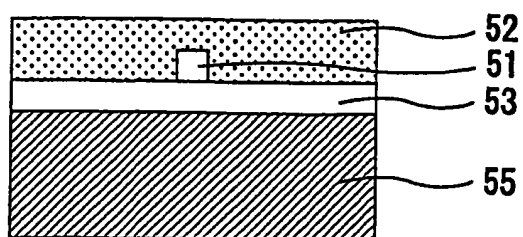
(a)



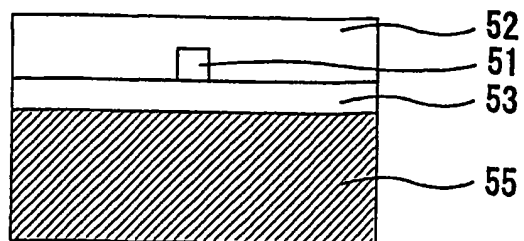
(b)



(c)

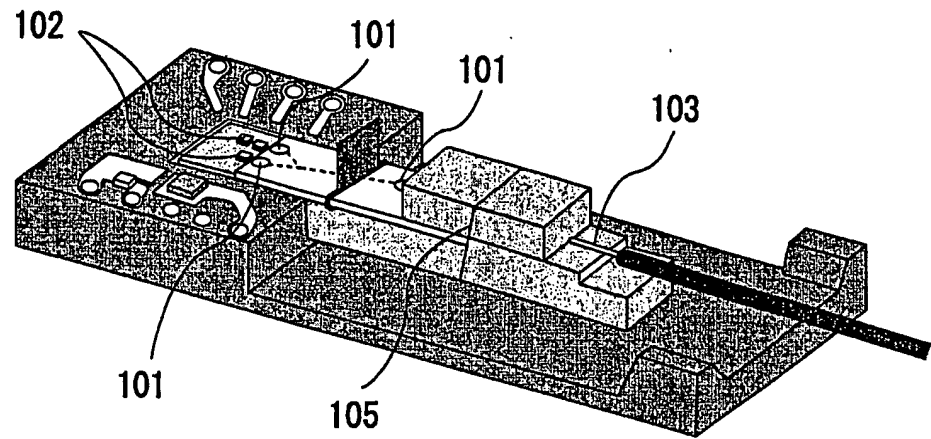


(d)

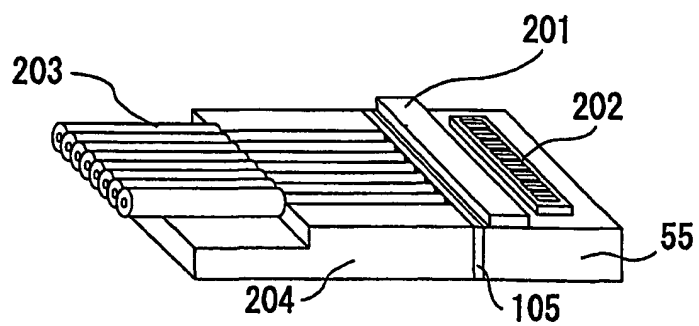


(e)

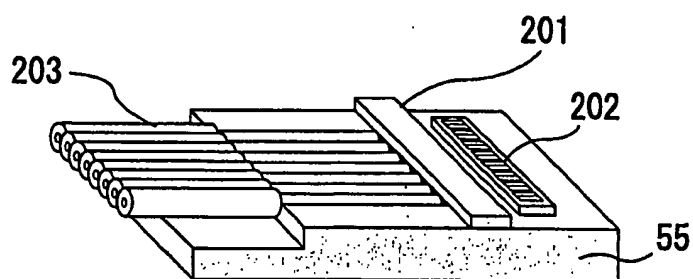
7/10
第7図



8/10
第8図

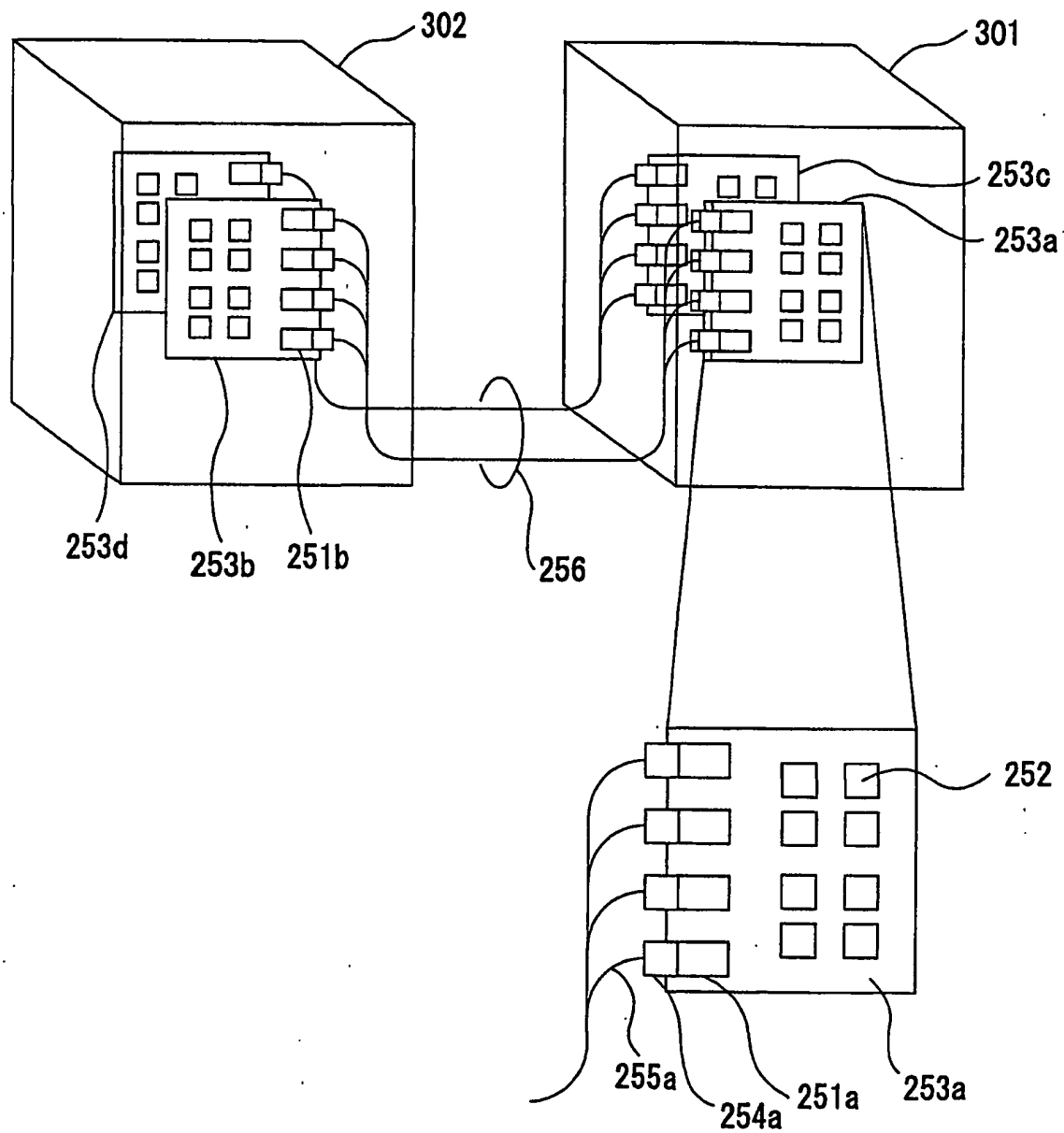


9/10
第9図



10/10

第10図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00854

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ G02B 6/12-6/14, 6/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)

JQUICK FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No.88911/1985 (Laid-open No.206904/1986)	1-2,5-7, 11-13,16-18
A	(Hitachi, Ltd.), 27 December, 1986 (27.12.86) (Family: none)	3-4,8-10, 14-15
X	US, 4637681, A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 20 January, 1987 (20.01.87)	1-2,5-7, 11-13,16-18
A	& JP, 57-198410, A & GB, 2102145, A & CA, 1175270, A	3-4,8-10, 14-15
X	Michael M. Spuehler et al. "A Very Short Planar Silica Spot-Size Converter Using a Nonperiodic Segmented Waveguide,"	11-12,14, 16-18
A	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 16, No. 9, SEPTEMBER 1998, Pages 1680-1685	1-10,13,15
A	US, 5577141, A (Lucent Technologies Inc.), 19 November, 1996 (19.11.96) & JP, 8-262245, A & EP, 0731366, A2	1-18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 March, 2001 (15.03.01)Date of mailing of the international search report
03 April, 2001 (03.04.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/00854

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, 5629999, A (Lucent Technologies Inc.), 13 May, 1997 (13.05.97) & JP, 8-262244, A & EP, 0731367, A2	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B6/12		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B 6/12-6/14, 6/30		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年		
国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
JICSTファイル (JOIS) JQUICKファイル (JOIS)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	日本国実用新案登録出願60-88911号 (日本国実用新案登録 出願公開61-206904号) の願書に添付した明細書及び図面 の内容を撮影したマイクロフィルム	1-2, 5-7, 11-13, 16-18
A	(株式会社日立製作所), 27. 12月. 1986 (27. 12. 86) ファミリーなし	3-4, 8-10, 14-15
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	15. 03. 01	国際調査報告の発送日
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 岡田 吉美 印 電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US, 4637681, A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.) 20.1月.1987(20.01.87) & JP, 57-198410, A & GB, 2102145, A & CA, 1175270, A	1-2, 5-7, 11-13, 16-18
A		3-4, 8-10, 14-15
X	Michael M. Spuehler et al. "A Very Short Planar Silica Spot-Size Converter Using a Nonperiodic Segmented Waveguide," JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol. 16, No. 9, SEPTEMBER 1998, Pages 1680-1685	11-12, 14, 16-18
A		1-10, 13, 15
A	US, 5577141, A (Lucent Technologies Inc.) 19.11月.1996(19.11.96) & JP, 8-262245, A & EP, 0731366, A2	1-18
A		1-18

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.